



#5

**PATENT APPLICATION**

**SIN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Application of

Ermanno FILIPPI, et al.

Attorney Docket Q64333

Appln. No.: 09/852,014

Group Art Unit: 1764

Confirmation No.: 3989

Examiner: Not yet assigned

Filed: May 10, 2001

For: REACTOR FOR EXOTHERMIC OR ENDOTHERMIC HETEROGENEOUS  
REACTIONS

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority document.

Respectfully submitted,

Robert V. Sloan  
Registration No. 22,775

SUGHRUE, MION, ZINN,  
MACPEAK & SEAS, PLLC  
2100 Pennsylvania Avenue, N.W.  
Washington, D.C. 20037-3213  
Telephone: (202) 293-7060  
Facsimile: (202) 293-7860

Enclosures: Certified Copy of European patent application no. 00109968.8

Date: September 7, 2001



09/852, 014



Europäisches  
Patentamt

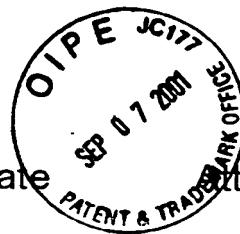
European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation



Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

00109968.8

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN  
THE HAGUE, 02/05/01  
LA HAYE, LE

1930  
1931



Eur päisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung  
Sheet 2 of the certificate  
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.: **00109968.8**  
Demande n°:

Anmeldetag:  
Date of filing: **11/05/00**  
Date de dépôt:

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
**METHANOL CASALE S.A.**  
**6900 Lugano-Besso**  
**SWITZERLAND**

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:  
**Reactor for exothermic or endothermic heterogeneous reactions**

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat: Tag: Aktenzeichen:  
State: Date: File no.  
Pays: Date: Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:

**B01J8/02, B01J8/04**

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten:  
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/FR  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

10  
11  
12

00109968.8

1

11. Mai 2000

## REATTORE PER REAZIONI ETEROGENEE ESOTERMICHE O ENDOTERMICHE

### Descrizione

La presente invenzione fa riferimento ad un reattore isotermo per effettuare reazioni eterogenee esotermiche o endotermiche del tipo comprendente:

- un mantello esterno di forma sostanzialmente cilindrica;
- almeno uno scambiatore di calore immerso in un strato catalitico supportato in tale mantello;

Nel seguito della descrizione e nelle successive rivendicazioni con il termine di "reattore isotermo" si intende indicare un reattore per reazioni chimiche in cui la temperatura all'interno dello o degli strati catalitici dove avviene la reazione, che può essere di tipo esotermico o endotermico, viene controllata asportando o fornendo sostanzialmente calore. Con il termine di "reattore adiabatico" si intende invece indicare un reattore per reazioni chimiche dove all'interno dello o degli strati catalitici dove avviene la reazione, questa avviene senza alcuno scambio di calore con l'esterno.

Come noto, nel campo della sintesi eterogenea esotermica o endotermica, è sempre più sentita l'esigenza di avere a disposizione reattori isotermi ad elevata capacità che da un lato siano semplici da realizzare, siano affidabili e richiedano bassi costi d'investimento e di manutenzione, e dall'altro lato permettano di operare ad alta resa di conversione, basse perdite di carico, bassi consumi energetici e con un'elevata efficienza di scambio termico tra i reagenti ed il fluido di scambio termico.

### Tecnica nota

Allo scopo di soddisfare la suddetta esigenza, sono stati proposti reattori isotermi con un strato catalitico attraversato dai reagenti in direzione

perpendicolare all'asse del reattore e comprendente al suo interno uno scambiatore di calore costituito da un gran numero di condotti per l'asportazione o l'alimentazione del calore. Nel seguito della descrizione sarà chiamato strato catalitico radiale.

- 5** Un esempio di tali reattori è descritto in DE-A-3 318 098.

In tale brevetto lo scambiatore di calore è costituito da condotti che si sviluppano elicoidalmente attorno ad un collettore dei prodotti gassosi dalla reazione esteso lungo l'asse del reattore.

- 10** In particolare è previsto uno scambiatore costituito da un fascio di condotti elicoidali supportato tra contrapposte piastre tubiere poste alle estremità del mantello.

Da notare come scambiatori di calore della suddetta configurazione sono noti anche nei reattori con strato catalitico destinato ad essere attraversato assialmente dai gas reagenti.

- 15** Si veda ad esempio US-A-4 339 413 e US-A-4 636 365.

Pur vantaggioso sotto alcuni aspetti il reattore con scambiatore di calore descritto in DE-A-3 318 098 presenta una serie di inconvenienti qui di seguito evidenziati.

- 20** Primo fra tutti il fatto che, attraversando lo strato catalitico, il flusso di gas reagenti e prodotti della reazione che fluisce trasversalmente rispetto allo sviluppo dei condotti elicoidali, viene in contatto con condotti diversi a temperature diverse, con un'efficienza di scambio termico che differisce da tubo a tubo.

- 25** In altre parole, nel caso di una reazione esotermica i reagenti gassosi incrementano gradualmente la temperatura nell'attraversare lo strato catalitico in direzione radiale. Per questo motivo i condotti più esterni del fascio di condotti elicoidali vengono investiti da un flusso relativamente freddo, mentre i condotti più interni di detto fascio vengono investiti da un gas sempre più caldo e da cui ricevono una **30** quantità di calore sempre maggiore.

Ne consegue che ogni tubo elicoidale, in funzione della posizione nello strato catalitico, riceve una diversa quantità di calore e quindi si trova a sopportare un diverso carico termico.

5 Nel caso in cui il fluido di scambio termico è ad esempio costituito da acqua che viene trasformata in vapore, con la configurazione di scambiatore a fascio tubiero elicoidale suggerita in DE-A- 3 318 098, nessuno dei condotti produce la stessa quantità di vapore.

10 Inoltre la riconosciuta sostanziale riduzione di efficienza di scambio termico è dovuta anche al fatto che i condotti nella suddetta configurazione a contatto con i reagenti gassosi a bassa temperatura sono soggetti ad un carico termico basso, il che significa basso grado di vaporizzazione dell'acqua con conseguente bassa velocità di efflusso e quindi elevate portate di massa d'acqua.

15 I condotti elicoidali a contatto con i gas reagiti ad alta temperatura sono invece soggetti ad un carico termico elevato, il che significa un alto grado di evaporazione dell'acqua con conseguente alta velocità di efflusso e quindi basse portate di massa d'acqua.

20 Un ulteriore inconveniente del reattore secondo l'arte nota è dato dall'elevata complessità strutturale e realizzativa risultante dalla conformazione elicoidale del fascio tubiero che sicuramente richiede elevati costi di investimento e di manutenzione. Da notare come in alcuni casi tale complessità strutturale può rendere addirittura impraticabile la manutenzione.

25 Proprio a causa di questi inconvenienti, i reattori per l'effettuazione di sintesi eterogenee esotermiche o endotermiche del tipo più sopra indicato, hanno trovato a tutt'oggi scarsa applicazione pratica, nonostante l'esigenza sempre più sentita nel settore di reattori ad alta capacità.

30 Tali inconvenienti si accentuano nel caso in cui il reattore isotermo utilizzato non è del tipo suddetto a fascio tubiero elicoidale bensì del tipo a fascio tubiero verticale.

### Sommario dell'invenzione

Il problema che sta alla base della presente invenzione è di mettere a disposizione un reattore isotermo per l'effettuazione di reazioni eterogenee esotermiche o endotermiche che sia in grado di soddisfare

**5** l'esigenza più sopra esposta e contemporaneamente supera tutti gli inconvenienti citati con riferimento alla tecnica nota.

Il problema viene risolto, secondo l'invenzione, da un reattore del tipo più sopra indicato caratterizzato dal fatto che:

- detto scambiatore di calore è uno scambiatore di calore a piastre.

**10** Con il termine di "scambiatore di calore a piastre" si definisce uno scambiatore di calore costituito da piastre comprendenti appositi condotti dove circola il fluido di scambio termico. In particolare, tali piastre comprendono pareti, preferibilmente ondulate, reciprocamente rispettivamente parallele e giustapposte tra loro, tra le quali sono definiti i suddetti condotti per la circolazione del fluido di scambio termico.

**15** Lo scambiatore di calore a piastre è immerso in un strato catalitico attraversato da reagenti gassosi che, entrando a contatto con il catalizzatore, reagiscono e, nel caso in cui la reazione sia di tipo esotermico, producono calore. Il calore prodotto viene ceduto dai gas reagiti, quando questi lambiscono le piastre suddette, ad un fluido di raffreddamento che percorre detti condotti.

**20** Grazie alla presente invenzione è vantaggiosamente possibile realizzare - in modo semplice ed efficace - un reattore isotermo con un elevato scambio termico che permetta un ottimo controllo della temperatura, a tutto vantaggio della resa di conversione e dei consumi energetici.

Infatti, in accordo con la presente invenzione, ogni singolo condotto definito tra dette piastre, può svilupparsi rispettivamente lungo due direzioni distinte.

Una prima direzione parallela all'asse del reattore e, di conseguenza, parallela alle generatrici del mantello se il flusso dei reagenti è diretto lungo tale asse (flusso assiale) o alternativamente una seconda direzione perpendicolare all'asse del reattore se il flusso dei reagenti è così diretto (flusso radiale).

In questo modo i condotti si trovano vantaggiosamente ad essere sempre sostanzialmente paralleli al flusso gassoso comprendente i reagenti ed i prodotti di reazione.

Questo significa che ogni singolo condotto dello scambiatore a piastre della presente invenzione è in contatto con la stessa porzione di reagenti della quale segue vantaggiosamente tutte le variazioni di calore sviluppato o assorbito dalla reazione; è quindi possibile realizzare un prefissato profilo di temperatura per la reazione in corso.

Inoltre, qualora all'interno dello o degli strati catalitici sono disposti una pluralità di condotti secondo la presente invenzione, questi si trovano tutti a sopportare vantaggiosamente lo stesso carico termico. Ad esempio nel caso di una reazione esotermica con acqua calda o bollente quale fluido di raffreddamento, i condotti producono tutti la stessa quantità di vapore (uniforme distribuzione dell'acqua e del vapore all'interno dei condotti).

La migliore efficienza di scambio termico nel reattore secondo l'invenzione permette di recuperare o alimentare calore con minori differenze di temperatura tra fluido reagente e fluido riscaldante o raffreddante. Questo vantaggio comporta un minore gradiente di temperatura all'interno dello strato catalitico tra due piastre contigue, consentendo quindi una maggiore uniformità della temperatura all'interno dello strato catalitico e quindi un aumento della resa di conversione rispetto ai reattori secondo l'arte nota. Oppure a parità di resa di conversione rispetto all'arte nota, l'aumento dell'efficienza di scambio termico consente di diminuire il volume di catalizzatore richiesto con conseguenti risparmi in termini di spazio e di costi di investimento.

Un ulteriore vantaggio risultante dalla presente invenzione, è dato dal fatto che quando all'interno di un strato catalitico sono disposti una pluralità di condotti, questi possono venire alimentati tutti da una stessa fonte poiché - essendo sottoposti allo stesso carico termico - non vi sono problemi di regolazione per l'alimentazione e l'asportazione del fluido di raffreddamento/riscaldamento.

Inoltre grazie alla semplicità strutturale degli scambiatori è possibile effettuare una manutenzione degli stessi particolarmente agevole ed economica.

**10** Breve descrizione delle figure

La presente invenzione sarà ulteriormente descritta facendo riferimento ai disegni allegati dati a titolo indicativo e non limitativo, nei quali:

- La FIG.1 rappresenta in sezione prospettica parziale un reattore realizzato in accordo con l'invenzione.

**15** - La FIG.2 rappresenta prospetticamente ed a scala ingrandita un particolare del reattore di Fig.1.

- La Fig.3 rappresenta in prospettiva ed in sezione parziale una variante di realizzazione del reattore di Fig.1.

**20** - La Fig.4 rappresenta in sezione prospettica parziale un reattore secondo una ulteriore forma di realizzazione della presente invenzione.

- La FIG.5 rappresenta prospetticamente ed a scala ingrandita un particolare del reattore di Fig.4.

- La Fig.6 rappresenta in sezione prospettica parziale una variante di realizzazione del reattore di Fig.4.

**25** Descrizione dettagliata di una forma di realizzazione preferita

Facendo riferimento alle figure summenzionate, l'apparecchiatura secondo la presente invenzione viene descritta come segue.

\*7

Con riferimento alla FIG.1 viene rappresentato un reattore 1 isotermo per l'effettuazione di reazioni eterogenee esotermiche o endotermiche con un mantello 2 esterno.

Tale mantello 2 si presenta come una struttura cilindrica chiusa alle  
**5** estremità da due fondi uno superiore 2a ed uno inferiore 2b dove sono previste rispettivamente le aperture 3 e 4 e l'apertura 7.

L'apertura circolare 4 per l'entrata dei prodotti gassosi da sottoporre a reazione è posta sulla sommità del fondo superiore 2a del mantello 2. Tale apertura 4 si affaccia direttamente sull'interno del mantello.

**10** L'apertura 3, è posta sul fondo superiore 2a del mantello 2 a fianco dell'apertura 4 e si affaccia anch'essa sull'interno del mantello.

Sull'estremità del fondo inferiore 2b del mantello 2 è posta l'apertura 7 che si affaccia direttamente sull'interno del mantello 2.

Tali aperture sono realizzate in fase di costruzione: l'apertura 3, definita  
**15** passo d'uomo, per permettere l'ispezione periodica dell'interno del reattore, e le aperture 4 e 7 rispettivamente per l'alimentazione e la fuoriuscita del gas.

Internamente al mantello 2 è supportata una pluralità di scambiatori 9 di calore tramite una o più travi 5 di supporto previste all'interno del  
**20** mantello 2.

A causa delle elevate pressioni e delle sollecitazioni meccaniche a cui è sottoposto il mantello 2, lo stesso è realizzato con una struttura altamente resistente e con limitate e strettamente necessarie aperture verso l'esterno.

**25** L'alimentazione degli scambiatori 9 è garantita dal condotto 6 inserito nel mantello 2 attraverso l'apertura 8 ricavata sulla parte superiore della superficie laterale di tale mantello; tale condotto 6 è in comunicazione di fluido con gli scambiatori 9.

Il fluido per lo scambio termico introdotto tramite il condotto 6, fluisce all'interno delle piastre 14 più in seguito descritte, che sono comprese in ogni scambiatore 9.

**5** Tali scambiatori 9 sono immersi in un strato catalitico 10 rappresentato schematicamente in figura 1 da linee tratteggiate.

Tale strato catalitico 10 è delimitato lateralmente dalla superficie del mantello 2 ed inferiormente da uno strato - non rappresentato - di materiale granulare inerte, che riempie il fondo inferiore 2b e sostiene lo strato catalitico 10.

**10** Nel caso in cui ad esempio la reazione è di tipo esotermico, con tale disposizione degli scambiatori, il calore prodotto dalla reazione avvenuta nello strato catalitico 10 in seguito all'attraversamento dello stesso da parte dei reagenti gassosi, viene efficacemente rimosso come più in seguito descritto.

**15** Con riferimento alla Fig.2 viene rappresentato in dettaglio, uno scambiatore 9 a piastre 14 utilizzato all'interno di un reattore attraversato da un flusso di reagenti sostanzialmente parallelo all'asse del reattore (flusso assiale).

**20** Le piastre 14 comprendono rispettive pareti 14' e 14" che sono reciprocamente rispettivamente giustapposte e parallele tra loro ed incorporano una pluralità di condotti 14a al loro interno in cui scorre il fluido di scambio termico parallelamente all'asse del reattore.

**25** Nell'esempio di figura 2, i condotti 14a sono separati tra loro lateralmente da linee di saldatura 16 ricavate sulle pareti 14', 14" delle piastre 14. Unicamente per chiarezza di rappresentazione, l'estremità laterale delle piastre 14 è rappresentata aperta così da mostrare l'interno di un rispettivo condotto 14a. È evidente che mezzi di chiusura quali linee di saldatura 16 sono altresì previste in corrispondenza di tale estremità laterale delle piastre 14.

**30** Tali condotti 14a incorporati nelle piastre 14 sono in comunicazione di fluido con il condotto 12 posto sulla sommità dello scambiatore 9. Detto

condotto 12 si immette perpendicolarmente nel condotto 17 da cui si diramano i condotti 17a collegati ognuno ai condotti 14a tramite il condotto distributore 17b.

Alle base delle piastre 14 e dei relativi condotti 14a è disposto il 5 collettore 11, in comunicazione di fluido tramite i condotti 11a e 11b con i condotti 14a.

In comunicazione di fluido con il collettore 11 e perpendicolarmente ad esso, si estende il condotto 15 che termina nell'apertura 13. Nell'esempio qui descritto, l'apertura 13 è in comunicazione di fluido 10 con lo spazio all'interno del mantello 2 sovrastante lo strato catalitico 10.

Ad una o ad entrambe le estremità dello scambiatore 9, possono essere previsti dei mezzi di ancoraggio, ad esempio costituiti da delle staffe 18 e 19, che consentono di fissare in modo rimovibile lo scambiatore 9 15 rispettivamente sulla trave di supporto 5 ed agli scambiatori 9 contigui, per garantire vantaggiosamente stabilità durante l'attività di processo ed allo stesso tempo facilità di smontaggio durante le operazioni di manutenzione.

Con riferimento alla Fig.3, è rappresentata una variante del reattore di 20 figura 1, dove all'interno del mantello 2 è disposta - in serie - una pluralità di strati catalitici 10 tra loro sovrapposti. In corrispondenza di ogni strato catalitico 10 è vantaggiosamente prevista una pluralità di scambiatori 9 a piastre del tipo più sopra descritto, supportati da rispettive travi 5.

25 Ogni strato catalitico 10 è a sua volta supportato da opportuni mezzi di supporto non rappresentati in figura 3. Ad esempio, da rispettivi strati di materiale inerte granulare oppure da rispettivi fondi permeabili al gas.

Secondo una ulteriore forma di realizzazione del reattore di figura 3, 30 non rappresentata, all'interno del mantello 2 è previsto un unico strato catalitico in cui sono immersi gli scambiatori 9 supportati dalle travi 5.

## 10

Sul fondo inferiore 2b del mantello 2 è quindi previsto lo strato di materiale inerte granulare, di supporto del catalizzatore.

Sia nell'esempio di figura 1 che nell'esempio di figura 3, i condotti 15 in comunicazione di fluido con la base dei condotti 14a, possono

5 alternativamente essere collegati ad opportuni collettori - non rappresentati - per la raccolta e la fuoriuscita dal reattore del fluido di scambio termico.

Con riferimento alla Fig.4, è rappresentata una variante dell'invenzione in cui i condotti 14a degli scambiatori 9 sono disposti

10 perpendicolarmente all'asse del reattore 1 e di conseguenza alle pareti del mantello 2. In questo caso, il reattore 1 è attraversato da un flusso di reagenti sostanzialmente perpendicolare all'asse del reattore (flusso radiale) e gli scambiatori 9 sono disposti a raggiera.

15 In tale figura, i particolari del reattore 1 strutturalmente e funzionalmente equivalenti a quelli illustrati nelle figure precedenti, verranno indicati con gli stessi segni di riferimento e non saranno più oltre descritti.

Le piastre 14, sono reciprocamente rispettivamente giustapposte e parallele ed incorporano una pluralità di condotti 14a al loro interno, 20 nei quali scorre il fluido di scambio termico perpendicolarmente all'asse del reattore 1.

I condotti 14a sono in comunicazione di fluido con il condotto 6 di alimentazione del fluido di scambio termico, attraverso il condotto 12 ed il condotto anulare 23. Il condotto 6 si immette all'interno del mantello 25 2 tramite l'apertura 21 ricavata in una parte inferiore dello stesso.

I condotti 14a sono inoltre in comunicazione di fluido con il condotto 22 di uscita del fluido di scambio termico tramite il condotto 15 ed il condotto anulare 27. Il condotto 22 fuoriesce dal mantello 2 attraverso l'apertura 8, ricavata nella parte superiore dello stesso.

30 Con riferimento alla Fig.5 viene rappresentato in dettaglio, uno scambiatore 9 a piastre 14 utilizzato all'interno del reattore di figura 4.

Le piastre 14 comprendono rispettive pareti 14' e 14" reciprocamente rispettivamente giustapposte e parallele tra loro e che incorporano una pluralità di condotti 14a al loro interno in cui scorre il fluido di scambio termico perpendicolarmente all'asse del reattore.

- 5** I condotti 14a sono separati tra loro lateralmente da linee di saldatura 16 ricavate sulle piastre 14. Unicamente per chiarezza di rappresentazione, l'estremità superiore delle piastre 14 è rappresentata aperta così da mostrare l'interno di un rispettivo condotto 14a. È evidente che mezzi di chiusura quali linee di saldatura 16 sono altresì previste in corrispondenza di tale estremità superiore delle piastre 14.
- 10**

- I condotti 14a terminano in corrispondenza delle estremità laterali delle piastre 14 in rispettivi condotti 17a e 11a. Il condotto 17a è a sua volta in comunicazione di fluido con il condotto 12 posto alla base dello scambiatore 9 tramite il condotto di raccordo 17. Il condotto 11a è invece in comunicazione di fluido con il condotto 15 posto alla sommità dello scambiatore 9 tramite il collettore 11.
- 15**

- Ad una o ad entrambe le estremità dello scambiatore a piastre 9 possono essere previsti dei mezzi costituiti da delle staffe 18 e 19 che consentono l'ancoraggio dello scambiatore così come precedentemente descritto con riferimento alla figura 2.
- 20**

- Con riferimento alla Fig.6 è rappresentata una variante del reattore 1 di figura 4, caratterizzata superiormente da una piena apertura flangiata del mantello 2 chiusa da un coperchio piano 2c. In questo caso, l'apertura - non rappresentata - per l'ingresso dei gas reagenti è ricavata nella parte superiore del mantello 2.
- 25**

- I reagenti gassosi di reazione, con riferimento alla Fig.1, vengono alimentati tramite l'apertura 4 all'interno del mantello 2 e raggiungono lo strato catalitico 10 dove è presente il catalizzatore, attraversano tale strato, reagendo, e vengono raccolti nell'estremità inferiore 2b d 1 mantello 2 per fuoriuscire dall'apertura 7.
- 30**

Durante l'attraversamento dello strato 10 catalitico, i reagenti gassosi reagiscono a contatto con il catalizzatore, se la reazione è di tipo esotermico, ne consegue una produzione di calore.

Tale calore viene smaltito per scambio termico indiretto, e cioè tramite il  
**5** contatto della miscela di gas reagiti e non, con le piastre 14 degli scambiatori 9 immersi nello strato catalitico 10.

All'interno di tali piastre 14 circola, infatti, un fluido di raffreddamento ad esempio a seconda dei casi, un flusso di gas reagenti freddi, un fluido diatermico, un sale fuso o acqua, che, con riferimento alla Fig.2  
**10** viene alimentato, ad una temperatura più bassa rispetto a quella della miscela di gas reagiti e non, tramite il condotto 12 da cui passa nel condotto 17 e fluisce nei condotti 14a incorporati nelle piastre 14.

Una volta che, attraversate le piastre 14, avviene lo scambio termico indiretto, tale fluido molto riscaldato, viene raccolto dal collettore 11 e  
**15** fuoriesce dallo scambiatore 9 tramite il condotto 15.

In particolare, nell'esempio di figura 1, il fluido di raffreddamento comprende un flusso di gas reagenti che opportunamente riscaldati nello scambiatore 9, fuoriescono da quest'ultimo tramite l'apertura 13 del condotto 15 disposta nella zona sovrastante lo strato 10 catalitico, e  
**20** vengono quindi miscelati con i reagenti gassosi alimentati nel reattore 1 tramite l'apertura 4.

In altre parole, l'estremità aperta 13 è prevista nel caso in cui sono utilizzati come fluidi di raffreddamento i reagenti gassosi stessi che vengono alimentati oltre che tramite l'apertura 4 anche parzialmente  
**25** tramite il condotto 6.

Nell'esempio di figura 3, i reagenti gassosi attraversano in sequenza i vari strati 10 catalitici. Vantaggiosamente, la temperatura di reazione in ogni strato 10 catalitico può venire controllata - in modo indipendente da strato a strato - dai rispettivi scambiatori 9. Così facendo è possibile regolare la temperatura negli strati 10 catalitici al fine di ottimizzare la resa globale di conversione.  
**30**

Con riferimento alle Fig.4 e 6, il percorso dei reagenti gassosi e del fluido di scambio termico all'intern del reattore 1 è schematicamente indicato dalle frecce F1 e F2, rispettivamente.

I reagenti gassosi di reazione, vengono alimentati tramite l'apertura 4  
**5** nel mantello 2 e fluiscono nell'intercapedine 24 anulare definita tra la superficie laterale interna del mantello 2 e la parete 28 permeabile ad i gas. Tramite tale parete 28, i reagenti gassosi raggiungono lo strat catalitico 10 dove è disposto il catalizzatore. A questo proposito, lo strato 10 catalitico è chiuso superiormente da un coperchio anulare di  
**10** tipo convenzionale e non rappresentato.

I reagenti gassosi attraversano lo strato 10 catalitico, reagendo, in direzione sostanzialmente perpendicolare all'asse del reattore (flusso radiale). Fuoriescono quindi dallo strato catalitico 10 attraverso la parete forata 25 e vengono raccolti nel collettore 29 ricavato nel centro  
**15** del mantello 2 e delimitato superiormente da un coperchio 26, per fuoriuscire dal reattore 1 tramite l'apertura 7.

In alternativa, lo strato 10 catalitico è aperto superiormente oppure presenta una rete anulare permeabile al gas (non rappresentata), così da ottenere un attraversamento dello stesso da parte dei gas reagenti  
**20** con moto assiale-radiale.

Durante l'attraversamento di tale strato catalitico 10, il contatto da parte dei gas reagenti con il catalizzatore permette di far avvenire la reazione e, se questa è di tipo esotermico, ne consegue una produzione di calore.

**25** Tale calore viene smaltito per scambio termico indiretto, e cioè tramite il contatto della miscela di gas reagiti e non, con le piastre 14 degli scambiatori 9 immersi nello strato catalitico 10.

All'interno di tali piastre 14 circola, infatti, un fluido di raffreddamento del tipo più sopra indicato, che, sempre con riferimento alle Fig.4 e 5,  
**30** viene alimentato ad una temperatura più bassa rispetto a quella della miscela di gas reagiti e non, tramite il condotto 6 da cui passa nel

condotto 23 poi nel condotto 12 e, distribuito dai condotti 17a, fluisce nei condotti 14a delle piastre 14.

Una volta che, attraversate le piastre 14, è avvenuto lo scambio termico indiretto, tale fluido molto riscaldato, viene raccolto nei condotti 11a, 5 attraversa il collettore 11, i condotti 15 e 27 e fuoriesce dal mantello 2 attraverso il condotto 22.

In accordo con la presente invenzione, gli scambiatori 9 a piastre vengono vantaggiosamente impiegati in quanto permettono di realizzare un efficace scambio termico grazie all'ampia superficie offerta dalle 10 piastre 14 lambite dai prodotti gassosi di reazione che attraversano lo strato di catalizzatore.

È infatti desiderabile, ad esempio nel caso di una reazione esotermica, di smaltire il calore in eccesso sviluppatisi in seguito all'attraversamento dello strato catalitico 10 da parte dei reagenti 15 gassosi.

Così facendo, la temperatura nello strato 10 catalitico può essere mantenuta entro un certo intervallo per ottenere un alto rendimento di reazione ed anche in modo da impedire che il catalizzatore non subisca una sollecitazione termica eccessiva per le elevate temperature 20 raggiunte.

Tali scambiatori sono inoltre di facile costruzione, installazione soprattutto di agevole manutenzione data la semplice struttura che li caratterizza.

Secondo una forma di realizzazione tali scambiatori 9 sono anche 25 caratterizzati da una sezione trasversale di dimensioni tali da permettere il loro passaggio attraverso il passo d'uomo 3 o l'apertura 4.

Questa caratteristica è particolarmente vantaggiosa per effettuare le operazioni di manutenzione degli scambiatori 9 nel caso di reattori del tipo rappresentato in figura 1, 3 o 4, e cioè comprendenti aperture di 30 accesso di diametro inferiore rispetto al diametro del mantello 2.

Inoltre, nelle condizioni di seguito descritte si verificano dei casi in cui tale sezione caratteristica degli scambiatori 9 può risultare particolarmente utile per ottenere ulteriori importanti vantaggi.

**5** Un primo vantaggio conseguito è quello di poter ottenere, in determinate condizioni più avanti precise, un reattore perfettamente funzionante da un reattore esistente non più utilizzato (revamping).

**10** Occorre considerare che, per le caratteristiche da soddisfare, il mantello di un generico reattore viene costruito con delle tecniche e dei materiali che garantiscono da parte dello stesso mantello una resistenza alle pressioni, alle temperature ed agli attacchi chimici interni durante le fasi di processo.

Infatti, per realizzare alcuni processi, è necessario utilizzare alte pressioni d'esercizio, elevate temperature e far reagire sostanze estremamente corrosive o tossiche.

**15** Per tali motivi aumentano le difficoltà tecnologiche per la costruzione di un mantello e di conseguenza i costi per la sua realizzazione.

**20** Infatti, per le caratteristiche di resistenza suddette, un mantello si presenta come una struttura utilizzabile per prolungati periodi anche quando a volte non lo è più l'apparecchiatura interna, che comprende gli scambiatori e lo strato catalitico, la quale è strutturalmente molto più delicata.

**25** Ci sono casi in cui si può disporre di un mantello come quello indicato in Fig.1, che presenta però al suo interno un'apparecchiatura obsoleta d'attualmente per questo motivo tutto il reattore è non più utilizzabile nonostante il mantello esterno potrebbe essere ancora utilizzabile per un lungo periodo.

In tali casi risulta allora vantaggioso, equipaggiare l'apparecchiatura interna obsoleta con i suddetti scambiatori di calore 9 introdotti tramite l'apertura 3 o l'apertura 4.

16

Oltre al vantaggio conseguito di recuperare un reattore obsoleto, un secondo vantaggio consiste nell'ottenere in ogni caso un reattore rinnovato di tipo isotermo ad alta efficienza, sia nel caso che questo fosse in origine di tipo adiabatico che di tipo isotermo,

- 5** Tale ulteriore vantaggio, non secondario a quello suddetto, garantisce l'attuazione ottimale di reazioni catalitiche esotermiche ed endotermiche, che, come noto, sono meglio ottenute in reattori di tipo isotermo rispetto a quelli di tipo adiabatico.

- 10** Quindi tale recupero (revamping) garantisce sia il recupero di un reattore non più utilizzato, ma anche la conversione dello stesso, se questo fosse stato di tipo adiabatico in un reattore isotermo particolarmente adatto alle reazioni sopra specificate.

- 15** Il suddetto recupero si articola in una ristrutturazione completa dell'interno del reattore che non richiede alcuna alterazione del mantello 2, alterazione non desiderabile particolarmente in reattori operanti ad alta pressione.

- 20** È utile ribadire che tali scambiatori possono essere adoperati per la costruzione ex novo di un reattore per reazioni catalitiche esotermiche o endotermiche come è già stato ampiamente detto, ma anche per la ristrutturazione di un reattore esistente con le caratteristiche suddette, in particolare del tipo avente un fondo superiore con aperture di accesso di diametro inferiore rispetto al diametro del mantello.

- 25** In quest'ultimo caso, gli scambiatori 9 del tipo suddetto, sono vantaggiosamente introdotti nel reattore esistente attraverso il passo d'uomo (apertura 3) o, a seconda dei casi, l'apertura di ingresso dei gas reagenti (apertura 4), e vengono sfruttate le aperture laterali esistenti del mantello 2 (quali ad esempio l'apertura 8) per l'introduzione nel reattore dei condotti di alimentazione ed eventualmente estrazione del fluido di scambio termico.

- 30** Tutti i vantaggi elencati, relativi ad un reattore realizzato ex novo, sono raggiunti anche da una struttura già esistente modernizzata nel modo suddetto con un notevole risparmio.

EPO - Munich  
68  
11. Mai 2000

## RIVENDICAZIONI

1. Reattore (1) per l'effettuazione di reazioni eterogenee esotermiche o endotermiche comprendente:

- un mantello (2) esterno di forma sostanzialmente cilindrica;

5 - almeno uno scambiatore (9) di calore immerso in un strato (10) catalitico supportato in detto mantello (2);

caratterizzato dal fatto che:

- detto scambiatore (9) di calore è uno scambiatore di calore a piastre (14).

10 2. Reattore (1) in accordo con la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che dette piastre (14) di detto scambiatore (9) comprendono condotti (14a) estesi parallelamente all'asse di detto mantello (2).

3. Reattore (1) in accordo con la rivendicazione 2 caratterizzato dal fatto che dette piastre (14) di detto scambiatore (9) comprendono pareti (14',

15 14'') reciprocamente giustapposte che definiscono tra loro detti condotti (14a) estesi parallelamente all'asse di detto mantello (2).

20 4. Reattore (1) in accordo con la rivendicazione 2 caratterizzato dal fatto che detto mantello (2) supporta una pluralità di detti scambiatori (9) di calore in comunicazione di fluido con un condotto (6) di alimentazione di un fluido di scambio termico.

5. Reattore (1) in accordo con la rivendicazione 2 caratterizzato dal fatto di comprendere mezzi (18, 19) di ancoraggio di almeno uno di detti scambiatori (9).

25 6. Reattore (1) in accordo con la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che dette piastre (14) di detto scambiatore (9) comprendono condotti (14a) estesi perpendicolarmente all'asse di detto mantello (2).

## 18

7. Reattore (1) in accordo con la rivendicazione 6 caratterizzato dal fatto che dette piastre (14) di detto scambiatore (9) comprendono pareti (14', 14'') reciprocamente giustapposte che definiscono tra loro detti condotti (14a) estesi perpendicolarmente all'asse di detto mantello (2).
- 5** 8. Reattore (1) in accordo con la rivendicazione 6 caratterizzato dal fatto che detto mantello (2) supporta una pluralità di detti scambiatori (9) di calore in comunicazione di fluido con condotto (6) di alimentazione di un fluido di scambio termico.
- 10** 9. Reattore (1) in accordo con la rivendicazione 6 caratterizzato dal fatto che detti scambiatori (9) di calore sono disposti a raggiera in detto strato (10) catalitico.
10. Reattore (1) in accordo con la rivendicazione 6 caratterizzato dal fatto di comprendere mezzi (18, 19) di ancoraggio di almeno uno di detti scambiatori (9).
- 15** 11. Metodo per realizzare un reattore (1) per l'effettuazione di reazioni eterogenee endotermiche ed esotermiche comprendente le fasi di:
- recuperare un mantello sostanzialmente cilindrico di un reattore esistente;
  - posizionare almeno un strato catalitico (10) all'interno di detto mantello recuperato;
  - posizionare almeno uno scambiatore (9) di calore a piastre secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in detto almeno uno strato (10) catalitico.
- 20**

EPO - Munich

68

11 Mai 2000

## RIASSUNTO

Un reattore (1) per l'effettuazione di reazioni eterogenee esotermiche o endotermiche comprendente un mantello (2) esterno di forma sostanzialmente cilindrica ed almeno uno scambiatore (9) di calore immerso in un strato (10) catalitico supportato nel mantello (2), si contraddistingue per il fatto che lo scambiatore (9) di calore è uno scambiatore di calore a piastre (14).

46

EPO - Munich  
68

11. Mai 2000

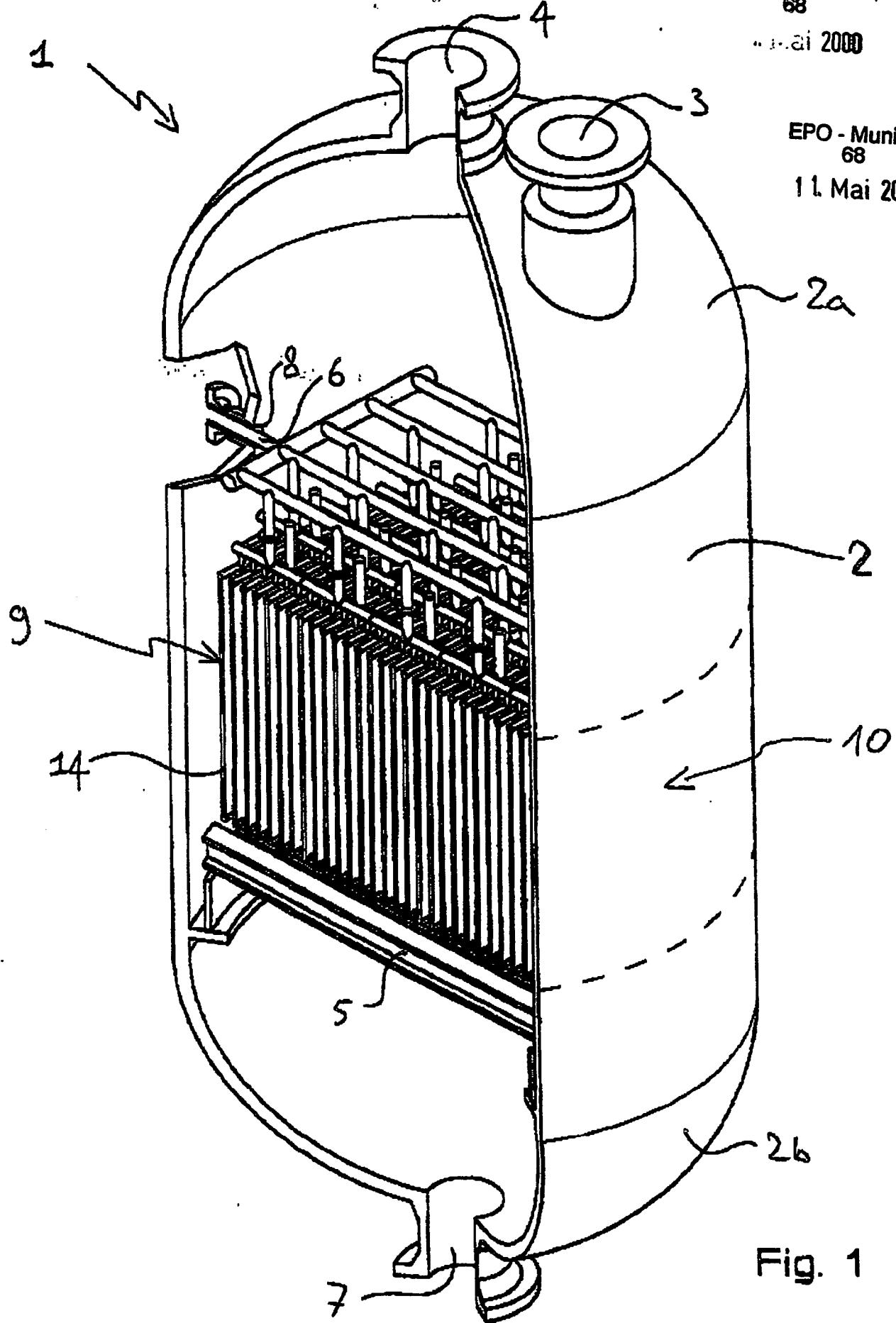
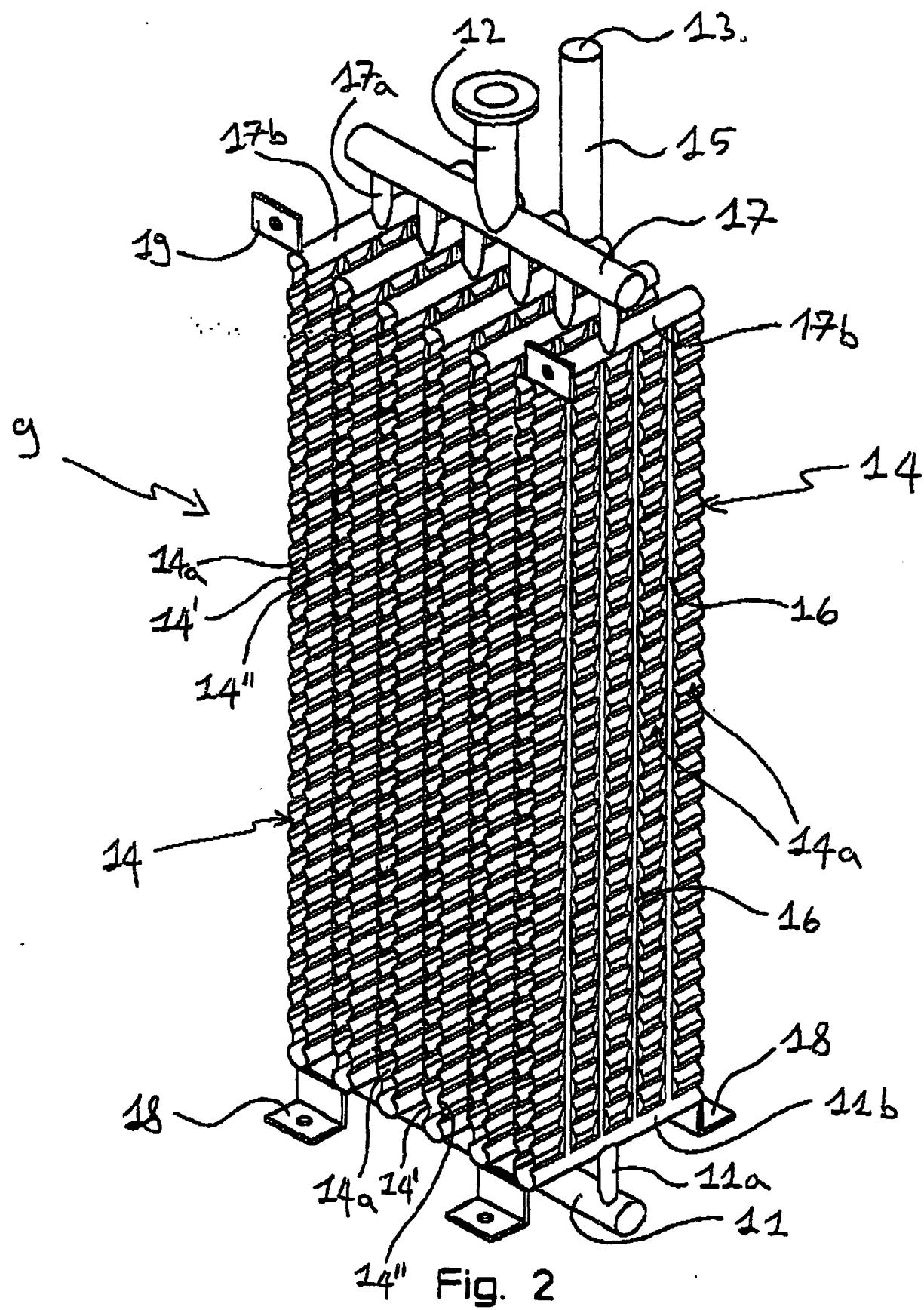
EPO - Munich  
68  
11. Mai 2000

Fig. 1

2/6



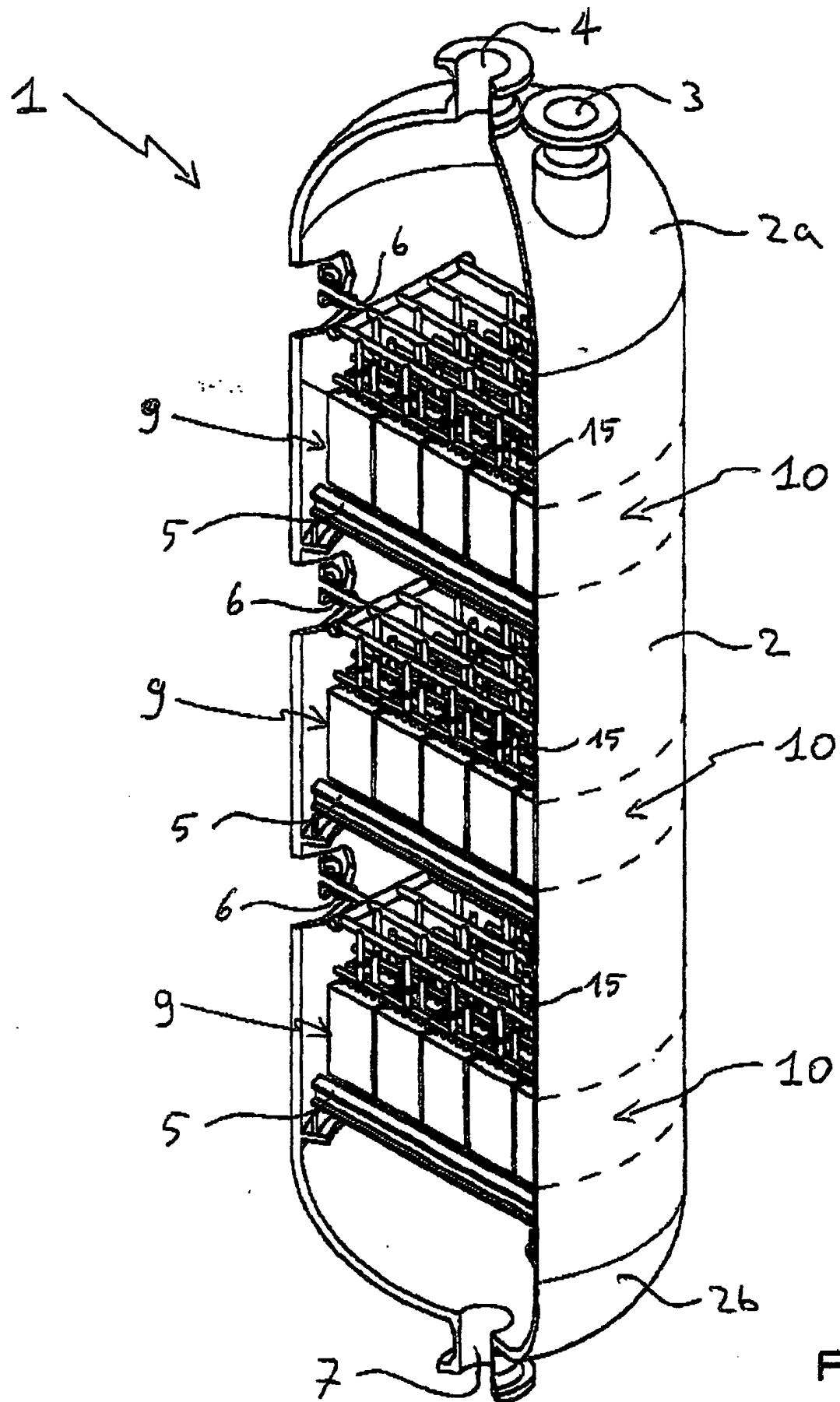


Fig. 3

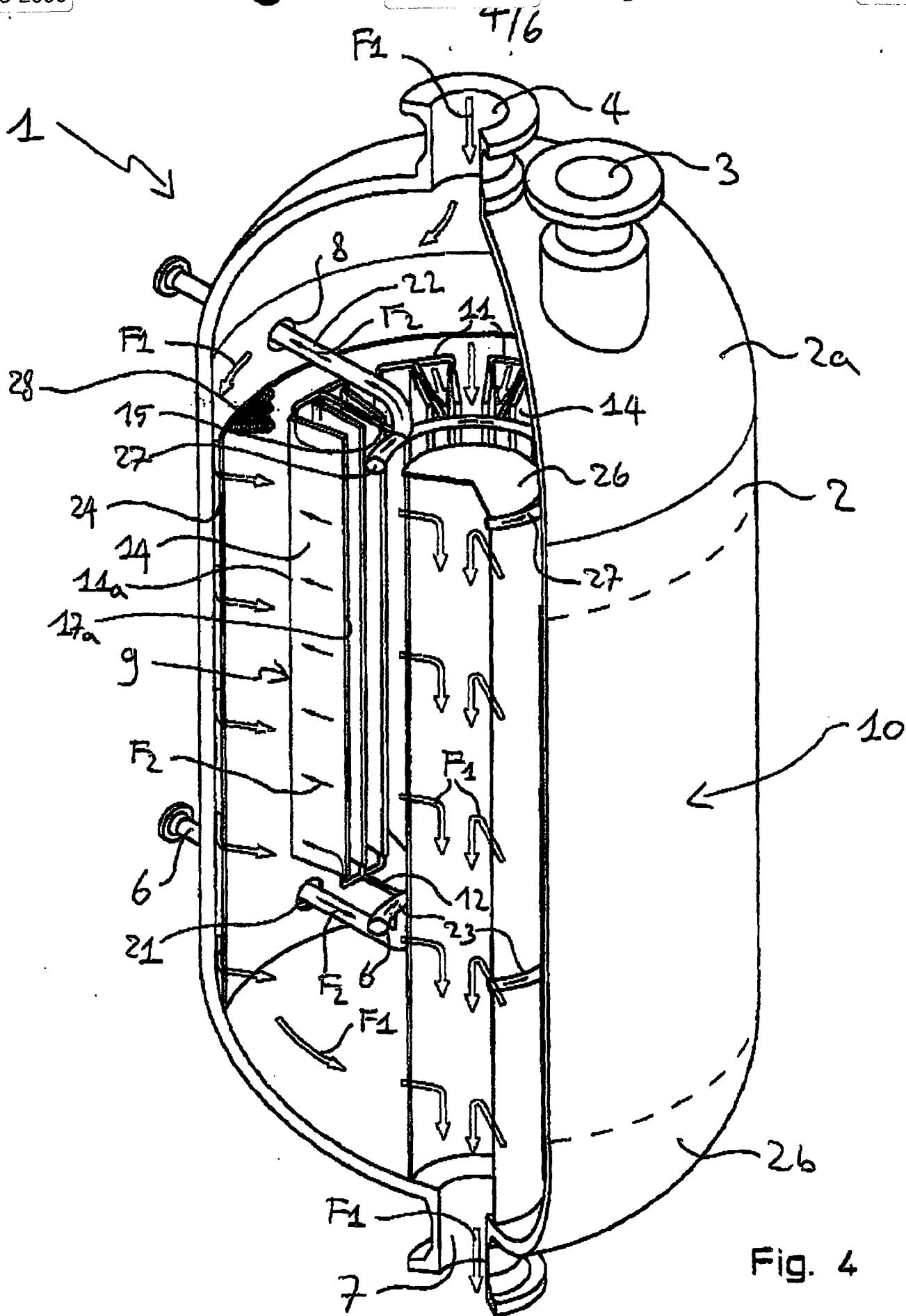


Fig. 4

5/6

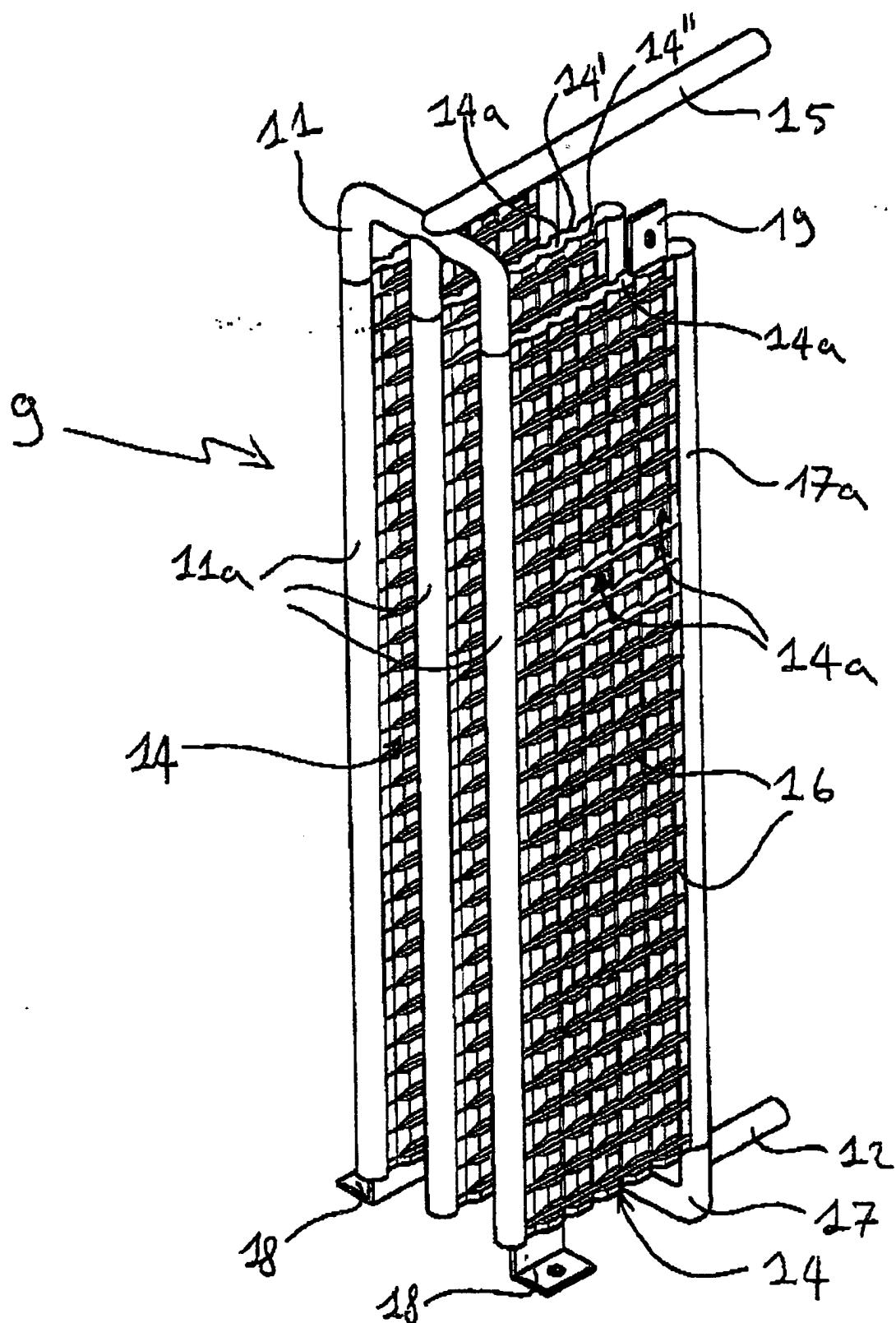


Fig. 5

6/6

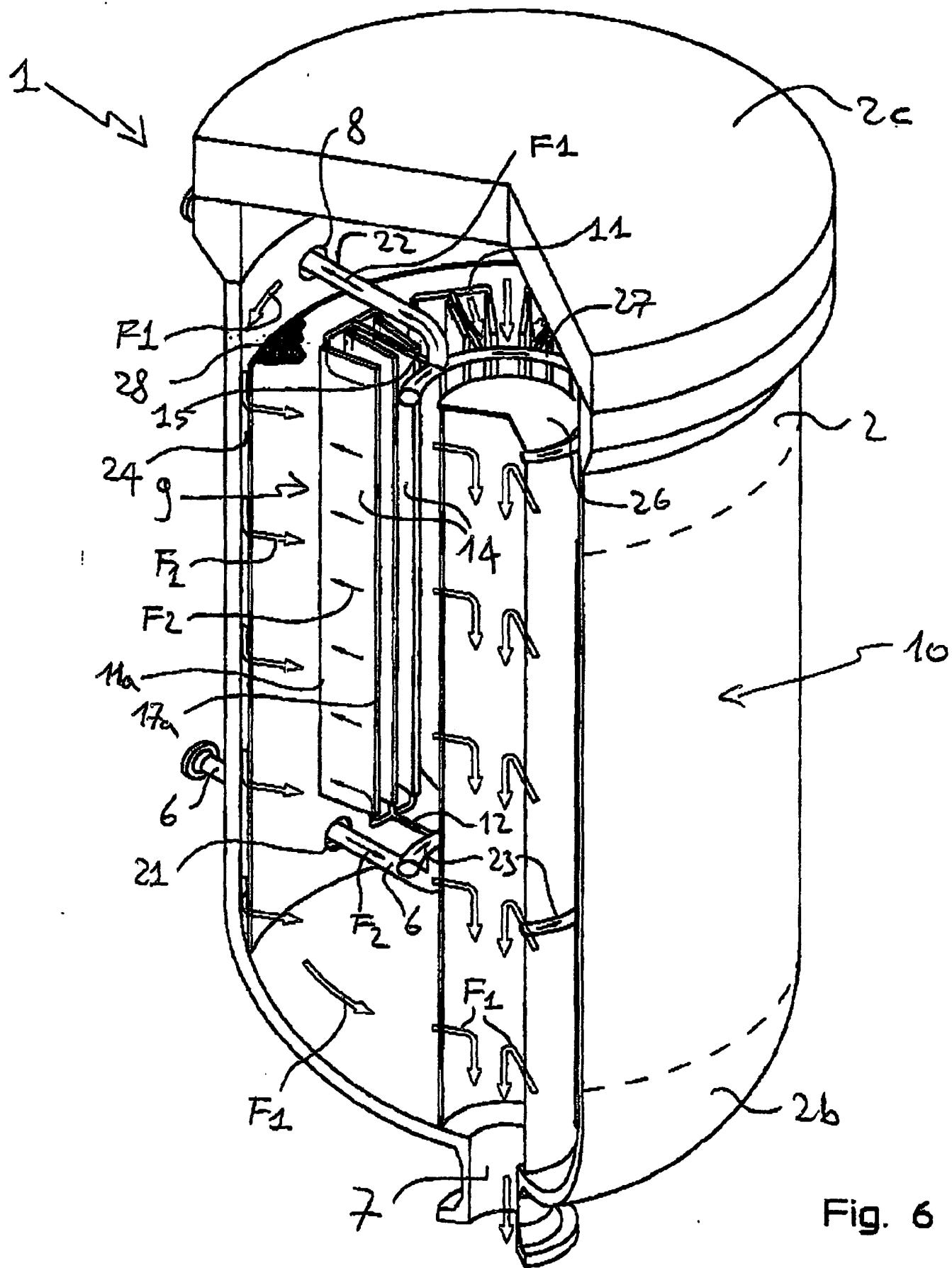


Fig. 6

